

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 2 日現在

機関番号：15501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26660113

研究課題名(和文)昆虫食の機能性評価

研究課題名(英文)Functional Analysis of Edible Insects

研究代表者

井内 良仁 (Iuchi, Yoshihito)

山口大学・創成科学研究科・准教授

研究者番号：60272069

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：近年、昆虫食の重要性が注目されている。日本での昆虫食の認知・普及を考えると、昆虫食が本来有する利点に加え、健康増進に寄与するような付加価値を見いだすことが必要になってくる。まず、5種の昆虫についてHPLCによるカロテノイドの同定・定量を行った結果、昆虫は機能性が指摘されているアスタキサンチンおよびカロテンを多く含有することがわかった。また高脂肪食と共に乾燥トノサマバッタを与えたマウス群では、対照群と比較して体重増加・内臓脂肪蓄積が抑制されていた。以上の結果は、昆虫食にメタボリックシンドローム抑制効果がある可能性を示唆し、今後この機能性を追求することで昆虫食の認知と普及が大きく期待できる。

研究成果の概要(英文)：In these years, importance of the insect food came to be discussed as the food in the near future of the human. To actualize further recognition and popularization of insect food, we tried to find the added value contributing to our health and disease prevention into the insect food. The analysis of components included in edible insects revealed that they have some known functional compounds. Result of insect-feeding experiment to mice suggested that the insect food has the possibility with ameliorating metabolic syndrome. The above-mentioned results suggest that we can greatly expect the recognition and popularization of insect food in the near future by pursuing this functionality.

研究分野：食品機能科学

キーワード：昆虫食 機能性 カロテノイド メタボ抑制

### 1. 研究開始当初の背景

一般に先進国と呼ばれる国々では、昆虫は食料としてさほど重要であった訳ではない。しかし近未来における地球規模での食糧危機の可能性を考慮した「昆虫食」の重要性が最近、欧米を中心に新たに論じられるようになってきた。更に、国連機関による「昆虫食」に関する報告が追い風となる。2013年5月、FAO(国連食糧農業機関)が、「食料安全保障・栄養のための森林に関する国際会議」において「Edible insects -Future prospects for food and feed security(食用昆虫 ～食料・飼料安全保障の展望)」という報告書を発表した(FAO Forestry paper 171; 2013)。報告書は、世界の飢餓問題の解決・食料供給改善のための、昆虫の食料・飼料資源としての積極的な利用を導いている。日本は、古来より日常食、そして御馳走として様々な昆虫が食されてきた「昆虫食先進国」である。日本での「昆虫食」は文化と密接に結びついており、民俗学的側面からの昆虫食研究も多い一方で、「昆虫食」の科学的な研究は皆無であったと言って良い。「昆虫食」は、その栄養面・経済面・環境面での利点から、将来的に食糧危機の救世主になり得る多大な可能性を秘めているが、食糧不足とはほど遠くダイエット食品が持てはやされる現代の日本では「栄養たっぷり」は逆効果になる恐れがある。それを覆すには栄養価の他に、健康増進や疾患予防に寄与するような大きな付加価値が必要になってくる。

### 2. 研究の目的

我々は「昆虫食」の認知と普及を目差し、昆虫が有する機能性成分について検討していくことを計画している。そこで本研究は、「昆虫食の機能性を証明し、健康補助食品としての可能性を探る」ことを目的とする。マウスを用いて昆虫食(トノサマバッタその他)の機能性を証明するとともに、機能性成分の分析・同定を行う。

### 3. 研究の方法

マウスに高脂肪食とフリーズドライしたトノサマバッタを与えた際の体重抑制効果、脂肪蓄積抑制効果について検証する。経時的に体重測定、血液検査を行い、最後に臓器・体脂肪重量を測定する。組織化学的解析と共に、脂肪燃焼などの代謝亢進、ストレス抵抗性の亢進について、生化学的解析を行う。

トノサマバッタに含まれる機能性成分について、LC/MSMSを用いて分析する。抗酸

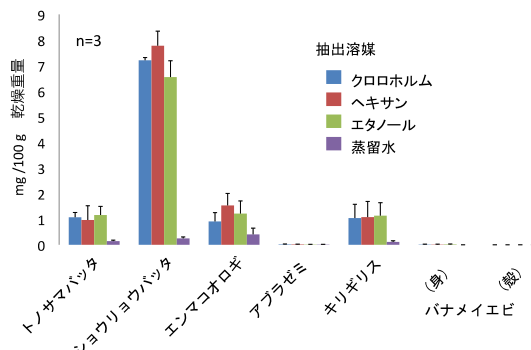
化能についてもアッセイを行い、機能性物質の分析・同定を行う。加熱処理したトノサマバッタについてもマウス食餌を含めて同様の解析を行う。

いくつかの他の昆虫種についても同様の解析を行い、機能性食品としての可能性を検討する。

### 4. 研究成果

トノサマバッタ、ショウリョウバッタをはじめバッタ類は加熱すると赤色を呈するものが多い。エサの植物由来とするとカロテノイドの可能性が高いため、まずHPLCを用いた含有成分の分析を行った。用いた昆虫はトノサマバッタ、ショウリョウバッタ、エンマコオロギ、キリギリス、アブラゼミで、対照としてバナメイエビを用いた。その結果、カロテノイドが検出された昆虫ではアスタキサンチンとβカロテンのピークがそれぞれ明瞭なピークとして検出された。エビではアスタキサンチン含量は多いものの、その多くは非食部の外皮部分に存在するため、エビ身との比較検討を行った。すると、アスタキサンチン量はキリギリス、トノサマバッタ、ショウリョウバッタ、コオロギの順に多く、特にキリギリスは乾燥重量100gあたり約2mgと、エビ身と遜色ない含量であった。一方、βカロテンはエビではほとんど検出できないほどの含量であったが、ショウリョウバッタには乾燥重量100gあたり6~8mgと豊富に含まれていた。ついでコオロギ、トノサマバッタ、そしてキリギリスに約1mg含まれていた。アブラゼミはアスタキサンチン、βカロテン含量ともに少なかった。これらから、バッタ類は総じてβカロテンが豊富でアスタキサンチンも含む食材であると言える(図1)。

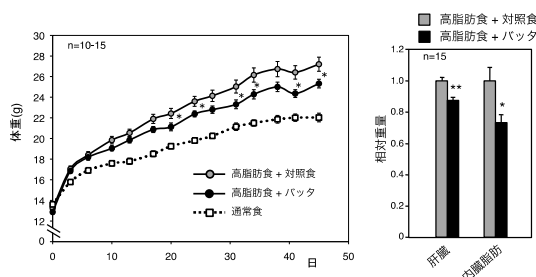
図1 様々な昆虫種におけるβ-カロテン含量



また、機能性成分として知られる化合物の中には抗酸化能を持つものが少なくないことから、上記の昆虫種について抗酸化能の測

定を試みた。その結果、今回測定した昆虫種全てがエビ身を上回る抗酸化能を示した。アスタキサンチンは抗酸化能が非常に高い化合物として知られているが、前述のアスタキサンチン・βカロテン含有量と抗酸化能が相

図2 トノサマバツタ食の体重増加および脂肪蓄積抑制効果



関しなかったことから、昆虫はもっと他の抗酸化物質または機能性成分を多量に含有している可能性が考えられる。

最後に実際に昆虫食が健康に良影響を及ぼす可能性について、メタボリックシンドロームの予防もしくは改善に効果があるかどうかを検証するため、トノサマバツタを用いて実験を試みた。メタボリックシンドローム状態を想定し、マウスに6週齢時から高脂肪食を与えつつ、同時にフリーズドライしたトノサマバツタを与えたグループと、その対照群として摂取カロリーが等しくなるように高脂肪食+通常食を与えたグループとを比較した。その結果、トノサマバツタを与えたマウスの体重はコントロールマウスに比べて増加が抑制されており、最終的に45日後では約10%軽かった。解剖し臓器重量を測定した結果、全体的に軽い傾向にあった中で肝臓と内臓脂肪は有意に軽く特に精巢上体脂肪は20%軽かった(図2)。この時、食べた餌の量とカロリーはほとんど同量であった。また、バツタ餌が十分消化・吸収されにくく排出されやすかった可能性を考え、排出された糞の量を測定したところ、糞の量はトノサマバツタ摂取群の方が少ないほどであった。これはバツタの成分が体内で何らかのかたちで体重増加抑制に働いたことを示唆する。採血した血液を用いて生化学的な測定を行った結果、レプチンはバツタ食事群で顕著に低値を示した。コレステロール、トリグリセリド、NEFAについて差は見られなかった。

以上の結果は、昆虫食にメタボリックシンドローム抑制・健康増進効果がある可能性を示唆する。今後、この機能性を追求することで、昆虫食の認知と普及が大きく期待できる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計7件)

井内良仁: 「もっと虫を食べる」昆虫と自然 2017年5月号, ニューサイエンス社, 査読無し, Vol. 52, No.6 (2017) 39-40.

Tasaki E, Matsumoto S, Tada H, Kurahashi T, Zhang X, Fujii J, Utsumi T, Iuchi Y: Protective role of testis-specific peroxiredoxin 4 against cellular oxidative stress. *J Clin Biochem Nutr* 査読有り Vol. 60, No.3 (2017) 156-161. DOI:

10.3164/jcbrn.16-96

Tasaki E, Kobayashi K, Matsuura K, Iuchi Y: An Efficient Antioxidant System in a Long-Lived Termite Queen. *PLOS ONE* 査読有り Vol. 12, No.1 (2017) e0167412.

DOI: 10.1371/journal.pone.0167412

井内良仁: 「虫を食べる」昆虫と自然 2016年7月号, ニューサイエンス社, 査読無し, Vol. 51, No.8. (2016) 39-40.

田崎英祐, 井内良仁: 「アンチエイジングをめざす-新しい食品機能性評価系の提案-」 *New Food Industry* 2016, 食品資材研究会. 査読無し, Vol. 58, No.1. (2016) 23-28. ISSN: 05470277

井内良仁: 「高栄養・高機能な昆虫食の研究」明日の食品産業, 食品産業センター. 査読無し, 10月号 (2015) 29-34. ISSN: 0385-5864

井内良仁: 「昆虫食の新たな可能性」*New Food Industry* 2014, 食品資材研究会. 査読無し, Vol. 56, No.1 (2014) 35-41. ISSN: 0547-0277

〔学会発表〕(計5件)

井内良仁, 水野壮: 「昆虫食の現状と未来」第31回日本国際保健医療学会学術大会. 久留米シティプラザ(福岡県久留米市)(招待講演) 2016年12月3日~4日.

Iuchi Y: Functional Analysis of Edible Insects. *The Food Factor I Barcelona*. スペイン・バルセロナ(招待講演) 2016年11月2日~4日.

井内良仁, 藤田晃大, 柿園博美, 佐伯真二郎, 田崎英祐: 「昆虫食の食品機能性」第69回日本酸化ストレス学会学術集会. 仙台国際センター(宮城県仙台市) 2016年8月30日~31日.

Iuchi Y: Functionality of edible insects. *14th Annual Meeting of Society for Free Radical Research- India 2016*. インド・カリヤニ (招待講演) 2016 年 1 月 7 日～9 日.  
井内良仁, 藤田晃大, 柿園博美, 佐伯真二郎, 田崎英祐: 「昆虫食の機能性評価」第 38 回日本分子生物学会年会. 神戸ポートアイランド(兵庫県神戸市)2015 年 12 月 1 日～4 日.

〔図書〕(計 1 件)

水野壮, 井内良仁: 洋泉社「昆虫を食べる」(2016) 総 189 ページ (147-148)  
ISBN-10: 4800309808

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.agr.yamaguchi-u.ac.jp/member/iuchi/index.html>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

井内 良仁 ( IUCHI Yoshihito )  
山口大学・大学院創成科学研究科・准教授  
研究者番号 : 60272069